



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

VERÔNICA DE SOUZA SILVA

**DIVERSIDADE DE FUNGOS DO SOLO DE UM FRAGMENTO DE MATA
ATLÂNTICA NA PARAÍBA**

AREIA - PB

2018

VERÔNICA DE SOUZA SILVA

**DIVERSIDADE DE FUNGOS DO SOLO DE UM FRAGMENTO DE MATA
ATLÂNTICA NA PARAÍBA**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba (UFPB) – CCA/Campus II, como
requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora

Prof^a Dr^a Loise Araujo Costa

AREIA - PB

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586d Silva, Veronica de Souza.

DIVERSIDADE DE FUNGOS DO SOLO DE UM FRAGMENTO DE MATA
ATLÂNTICA NA PARAÍBA / Veronica de Souza Silva. -
Areia, 2018.

39 f. : il.

Orientação: Loise Araujo Costa.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA/AREIA.

1. Comunidade fungica. floresta tropical. Biodiversid.
I. Costa, Loise Araujo. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

VERÔNICA DE SOUZA SILVA

**DIVERSIDADE DE FUNGOS DO SOLO DE UM FRAGMENTO DE MATA
ATLÂNTICA NA PARAÍBA**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba (UFPB) – CCA/Campus II, como
requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em 11 (onze) de Julho de 2018

BANCA EXAMINADORA



Profª Drª Loise Araujo Costa (Orientadora) (DCB/CCA/UFPB)



MSc. Victor Júnior Lima Félix (CCA/UFPB)



MSc. Otília Ricardo de Farias (CCA/UFPB)

AREIA – PB

2018

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que acreditaram em mim e me deram forças para chegar até aqui, principalmente minha mãe Maria Regina, meu pai José Raimundo (In memorian) e meus irmãos Lucas e Victor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me fortalecido e me guiado durante toda a trajetória.

À minha mãe, Maria Regina, por ter acreditado em mim, por todo o apoio e por tudo o que ela fez para que eu não desistisse.

Aos meus irmãos, Lucas e Victor, que sempre me apoiaram.

À professora Loise Araujo Costa, pela orientação, incentivo e aprendizado.

Às colegas de laboratório, Vitória, Mirian e Gysleynne, pelo auxílio dado durante a realização deste trabalho.

Aos técnicos do laboratório, Cosmo e Damásio, pela disposição e auxílio quando foi preciso.

Ao laboratório de Fitopatologia, pelo grande apoio dado e por disponibilizar o uso de alguns equipamentos.

A todos os professores do CCA por todo aprendizado adquirido durante toda a trajetória.

Aos meus amigos que sempre acreditaram e me deram palavras de incentivo: Ruan, Maria Jéssica, Lucas Lima, Igor, Ediane, Cleidinha, Edlania, Victor Índio, João Rafael, João Pedro, Jay, Alex Eleutério, Amanda Firmino e Amanda Rafaella, por está perto em todos os momentos.

Ao André da estação meteorológica, DSER, que disponibilizou os dados meteorológicos.

À banca examinadora que aceitou meu convite.

À coordenação de Ciências Biológicas por ajudar sempre que foi necessário, em especial a Delza e Eduardo.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização do Arboreto Jayme Coelho de Moraes no Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB), Areia, Paraíba. Fonte: Rodrigues (2017).....19
- Figura 2.** Vista parcial interna do Arboreto Jayme Coelho de Moraes, no Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB), Areia, Paraíba.....20
- Figura 3.** Dados de temperatura e insolação (A) e de umidade e precipitação (B) de outubro de 2017 a abril de 2018 no Arboreto Jayme Coelho de Moraes, Areia, Paraíba. As setas indicam os meses que ocorreram as coletas.....21
- Figura 4.** Etapas do isolamento de fungos pelo método de diluição seriada e inoculação em placa de Petri segundo Tortora et al. (2012).....23
- Figura 5.** Curvas de rarefação das comunidades de fungos isolados do solo durante a coleta 1 e coleta 2 de um fragmento de Mata Atlântica, Areia, Paraíba.....25
- Figura 6.** Aspecto geral das colônias dos fungos isolados do solo de um fragmento de Mata Atlântica, em placas de Petri, frente e reverso. (A) *Aspergillus* sp.1, (B) *Aspergillus* sp.2, (C) *Aspergillus* sp.3, (D) *Aspergillus* sp.4, (E) *Aspergillus* sp.5, (F) *Paecilomyces* sp., (G) *Penicillium* sp.1 e (H) *Rhizopus* sp.....27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Riqueza, número de isolados, táxons exclusivos e índices de diversidade das comunidades de fungos dos solos das coletas 1 e 2 de um fragmento de Mata Atlântica, Areia, Paraíba.....24

Tabela 2. Táxons e número de fungos isolados do solo durante a coleta 1 e coleta 2 de um fragmento de Mata Atlântica, Areia, Paraíba.....26

SILVA, Verônica de Souza. **Diversidade de fungos do solo de um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba**. 2018. Monografia. Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A Mata Atlântica é reconhecida por ter uma das maiores biodiversidade entre as florestas tropicais do mundo, uma vez que apresenta uma grande quantidade de espécies muitas das quais são endêmicas. Em virtude das atividades antrópicas, perdeu grande parte dos seus ecossistemas naturais, apresentando atualmente apenas 11% da cobertura vegetal. Os fungos são importantes componentes dos ecossistemas florestais uma vez que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, realizando a ciclagem de nutrientes, e disponibilizando para os vegetais. O presente estudo teve como objetivo realizar o isolamento e caracterização de fungos de solo de uma área de Mata Atlântica, inserida no bioma Caatinga. O sítio de coleta situa-se no Arboreto Jayme Coelho de Moraes, na Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba. Duas coletas foram realizadas em 2018, nos meses de fevereiro e abril. Em cada coleta, foram amostrados casualmente cinco pontos diferentes, que em seguida foram misturados, para então formar duas amostras mistas. Para o isolamento dos fungos foi utilizado o método de diluição seriada, com alíquota de 0,1 mL da suspensão do solo sendo transferida para meio de cultura ágar batata dextrose (BDA). O total de 1.297 fungos distribuídos em 11 táxons foi isolado, dos quais 522 fungos foram obtidos na coleta 1 e 775 na coleta 2. O índice de diversidade de Shannon indicou que a coleta 2 apresentou maior diversidade ($H' = 0,659$). As curvas de rarefação não apresentaram estabilidade, embora a curva referente a coleta 1 apresentou maior inclinação. Os gêneros de fungos obtidos foram: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Paecilomyces* e *Rhizopus*. Um representante de micélio estéril também foi isolado no presente trabalho. Os gêneros mais representativos foram *Aspergillus* e *Penicillium*. Os resultados desse estudo mostraram que a quantidade de fungos isolados de solos de Mata Atlântica foi considerável. Conhecer os fungos que habitam o solo é de extrema importância para compreender o seu papel ecológico nesse habitat que é tão complexo e fundamental para a manutenção da vida.

Palavras-chave: Comunidade fungica. floresta tropical. Biodiversidade.

SILVA, Verônica de Souza. **Diversity of soil fungi from a fragment of Atlantic Forest in Paraíba**. 2018. Monografia. Universidade Federal da Paraíba.

ABSTRACT

The Atlantic Forest is recognized for having one of the highest biodiversity among the world's tropical forest since it possesses a great quantity of species, many of which are endemic. Currently it has lost most of its natural ecosystems due to the anthropic activities, only 11% of the vegetation cover is present. Fungi are important components of forest ecosystems as they are responsible for the decomposition of organic matter, performing a cycling of nutrients, and making them available to plants. The present study had as objective to perform the isolation and characterization of soil fungi from an Atlantic Forest area, inserted in the Caatinga biome. The collection site is located at the Arboreto Jayme Coelho de Moraes, at the Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba. Two collections were carried out in 2018, in the months of February and April. In each collection, five different points were randomly sampled, which were then mixed, to form two mixed samples. The fungi were isolated by the serial dilution method, with aliquot of 0.1 mL of the soil suspension and transferred to potato dextrose agar (PDA). A total of 1,297 fungi distributed in 11 taxa were isolated, of which 522 were isolated in collection 1 and 775 in collection 2. The diversity index of Shannon indicated that the collection 2 presented greater diversity ($H' = 0.659$). The rarefaction curves did not present stability, although in the collection 1 the curve showed a greater slope. The genera obtained were: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Paecilomyces* and *Rhizopus*. A representative of sterile mycelium was also isolated in the present study. The most representative genera were *Aspergillus* and *Penicillium*. The results of this present study showed that the amount of fungi isolated from soils of the Atlantic Forest was considerable. Knowing the fungi that inhabit the soil is of extreme importance to understand its ecological role in this habitat that is so complex and fundamental for the maintenance of life.

Key words: fungal community. tropical forest. biodiversity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específicos.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Mata Atlântica.....	14
3.2 Fungos: características gerais e diversidade	15
3.3 O solo como habitat de fungos sapróbio	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Área de coleta	19
4.2 Amostragem e coleta do solo.....	23
4.3 Isolamento dos fungos do solo.....	23
4.4 Análise de dados.....	24
5 RESULTADOS	25
6 DISCUSSÃO	28
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma floresta tropical que abriga uma das maiores biodiversidades do planeta (Myers et al., 2000). Está situada na América do Sul e se distribui ao longo de três países: Brasil, Argentina e Paraguai (Tabarelli et al., 2010). No Brasil, é constituída por um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados que se estendiam originalmente em uma área de 1.300.000 km² em 17 estados, desde o Piauí até o Rio Grande do Sul (SOS Mata Atlântica, 2014). Atualmente resta cerca de 11% da floresta com a maioria dos remanescentes fragmentados e distantes geograficamente (Ribeiro et al., 2009). Segundo Myers et al. (2000), apesar de boa parte ter sido destruída por ações antrópicas, esse bioma abriga mais de 8.000 mil espécies endêmicas de anfíbios, aves, mamíferos, répteis e plantas vasculares. No estado da Paraíba a Mata Atlântica abrange um total de 6.578 km², que correspondem a 11,66% do território do estado e ocupa, total ou parcialmente, 63 municípios (Projeto Mata Atlântica, 2014). A formação florestal do tipo ombrófila densa ocorre como fragmentos ou enclaves em regiões de considerada altitude e umidade formando verdadeiras ilhas de mata úmida em meio à Caatinga (Cavalcante, 2005). Por se tratar de florestas de altitude os solos são pobres em nutrientes. Esta perda de nutrientes ocorre por lixiviação devido às altas precipitações e a topografia (Silva & Filho, 1982).

Apesar da carência de nutrientes nos solos, os fragmentos de Mata Atlântica se mantêm em tais circunstâncias por ter grande quantidade de matéria orgânica superficial e por ser sempre úmida. Nestas condições o processo de ciclagem de nutrientes é muito rápido e ocorre devido a intensa atividade biológica dos microrganismos, como os fungos e bactérias (Santos et al., 2011).

Os fungos são organismos quimioheterotróficos que desempenham um importante papel como decompositores em ecossistemas florestais uma vez que realizam a ciclagem de nutrientes, contribuem como fonte de alimento para alguns animais e para os vegetais que vivem em associação aumentam o potencial de absorção (Alexopoulos et al., 1996). Este grupo de organismos é o único capaz de colonizar a matriz lignocelulósica da matéria orgânica acumulada na superfície do solo, também conhecida como serrapilheira, atuando, por conseguinte, para a formação do húmus no solo (Santos et al., 2011).

Por ser um ambiente complexo, o solo abriga parte da diversidade de fungos existente no planeta. Conhecer esta diversidade é importante para as estimativas de espécies bem como para a compreensão e entendimento do seu papel ecológico.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Identificar e caracterizar os fungos do solo de uma área de Mata Atlântica em Areia, Paraíba.

2.2 Específicos

- Coletar amostras de solos em dois períodos diferentes;
- Isolar fungos pelo método de diluição seriada e posterior plaqueamento;
- Purificar as colônias isoladas;
- Quantificar e caracterizar macro e microscopicamente as colônias de fungos;
- Comparar a diversidade de espécies e a distribuição de fungos de solo nas diferentes coletas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mata Atlântica

Situada na América do Sul, a Mata Atlântica se distribui ao longo de três países: Brasil, Argentina e Paraguai (Tabarelli et al., 2010). No Brasil, é constituída por um conjunto de formações florestais (ombrófila densa, ombrófila mista, estacional semidecidual, estacional decidual e ombrófila aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude que se estendem originalmente em uma área de 1.300.000 km² em 17 estados, que se estende desde o Piauí até o Rio Grande do Sul (SOS Mata Atlântica, 2014).

A Mata Atlântica possui grande importância por ter influência na vida de aproximadamente 60% da população brasileira.. É reconhecida por ser um dos maiores e mais ricos ecossistemas em diversidade biológica (Fundação SOS Mata atlântica, 2001), entretanto vêm sofrendo grandes mudanças devido à intensa degradação e destruição pelas atividades antrópicas (Tabarelli et al., 2010). Desde o período da colonização padece por perda de cobertura vegetal e outros distúrbios, causados pelas atividades antrópicas, eliminando grande parte dos seus ecossistemas naturais (SOS Mata Atlântica, 2014). Atualmente, a área restante de toda Mata Atlântica corresponde apenas a 11% da sua vegetação original e apresenta-se bastante fragmentada e separada geograficamente (Ribeiro et al., 2009).

Na região Nordeste os fragmentos de Mata Atlântica encontram-se encravados na Caatinga, em locais de elevada altitude e umidade, sendo conhecidos localmente como brejos de altitude (Giulietti & Queiroz, 2006; Tabarelli & Santos, 2004). Segundo Vasconcelos Sobrinho (1971), existem 43 brejos distribuídos nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. A localização geográfica, altitude, disposição do relevo em relação aos ventos do litoral e características do solo, que abriga toda a matéria orgânica produzida nesses fragmentos, são fatores que possivelmente mantêm o recobrimento florestal nessas áreas e também responsáveis pelo alto grau de endemismo (Cavalcante, 2005).

Na Paraíba a Mata Atlântica abrange um total de 6.578 km², que correspondem a 11,66% do território do estado e ocupa, total ou parcialmente, 63 municípios (Projeto Mata Atlântica, 2014). O Brejo Paraibano, apresenta uma área de aproximadamente 1.174 km² e

altitude variável entre 400-600 m com distribuição por oito municípios: Alagoa Grande, Alagoa Nova, Areia, Bananeiras, Borborema, Pilões, Serraria e Matinhas (Barbosa et al., 2004). Embora considerada como remanescente de Mata Atlântica encravada no bioma Caatinga a vegetação é composta por uma variedade de formações vegetacionais alterando desde a caatinga, floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila aberta, floresta ombrófila densa e formações pioneiras (Tabarelli & Santos, 2004).

A Mata Atlântica se destaca como uma das maiores áreas de conservação da América do Sul, por apresentar um elevado grau de espécies endêmicas. Das 20.000 espécies estimadas, mais de 8.000 são consideradas endêmicas (Mittermeier et al., 2004). Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (2018), o número de espécies de vertebrados existentes na Mata Atlântica são de aproximadamente 1.711 dessas, 700 são endêmicas, 55 espécies de mamíferos, 60 de répteis, 188 de aves, 133 de peixes e 90 de anfíbios. Áreas que possuem espécies endêmicas, como Pernambuco, restam apenas 5% da floresta original. (Galindo-Leal & Câmara, 2003).

Em virtude da grande diversidade biológica (8.000 espécies vegetais endêmicas) e níveis de ameaça (cerca de 88% da sua extensão perdida), a Mata Atlântica é considerada uma das 34 áreas prioritárias para a conservação mundial, sendo conhecida como hotspot (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2005).

3.2 Fungos: características gerais e diversidade

Os fungos são organismos eucarióticos, quimioheterotróficos, com modo de nutrição por absorção e digestão extracorpórea, sendo pertencentes ao Reino Fungi. Diferentemente dos vegetais sua parede celular é composta por quitina e β -glucanos além de apresentarem o glicogênio como composto de reserva energética, assim como os animais. Outras características que determinam o Reino Fungi são: presença de mitocôndrias com cristas achatadas, o códon UGA codificando para o aminoácido triptófano no código genético mitocondrial, além da síntese do aminoácido lisina pela rota metabólica do ácido aminoadípico (AAA), que é uma característica exclusiva do grupo (Alexopoulos et al., 1996). Sua reprodução é realizada, principalmente, através de produção de esporos por ciclos sexuais e assexuais (Tortora et al., 2017).

Quanto à estrutura corpórea, os fungos podem ser unicelulares ou miceliais. Os fungos unicelulares são compostos por apenas uma única célula e são denominados de leveduras. Os fungos miceliais, também chamados de filamentosos, são compostos por hifas, filamentos tubulares que se ramificam em diferentes direções e anastomosam que em conjunto formarão o micélio. As hifas podem ser de dois tipos básicos, asseptadas e septadas. Hifas asseptadas, não-septadas ou cenocíticas são aquelas que não apresentam septos internos de modo que não há compartimentos internamente delimitados. Contrariamente, um micélio formado por hifas septadas apresenta compartimentos internamente delimitados por septos regularmente espaçados, denominados de compartimentos hifais que podem ser analogamente comparados a células (Alexopoulos et al., 1996).

Segundo Hibbett et al. (2007), o Reino Fungi está classificado em 7 filos, baseado em dados moleculares e estudos taxonômicos anteriores, sendo eles: Microsporidia, anteriormente definido como protista, Chytridiomycota, Neocallimastigomycota, Blastocladiomycota, Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota. O grupo dos fungos conidiais, também conhecidos como assexuais, é caracterizado pela reprodução assexuada e relacionado aos Filos Ascomycota, a maioria, e Basidiomycota, no entanto não tem valor taxonômico (Costa, 2014).

As espécies de fungos descritas até hoje chegam a valores de aproximadamente 120.000 espécies, mas o número total estimado de espécies é de 1,5 milhão podendo alcançar até 10 milhões de fungos (Hawksworth, 1991; Hawksworth & Lücking, 2017). Desta forma, apenas 8% dos fungos são conhecidos pela ciência, considerando a estimativa mais conservadora de 1,5 milhão de espécies. A maioria dos fungos são microfungos, caracterizados por apresentar estruturas reprodutivas diminutas, podendo medir até 2mm. Devido ao seu tamanho os microfungos são poucos explorados uma vez que passam despercebidos pelos pesquisadores (Rossman, 1997).

Os fungos são organismos cosmopolitas, presentes nos mais diversos ambientes desde os terrestres e os aquáticos de águas continentais e marinhas (Alexopoulos et al., 1996), e apresentam uma grande variedade de modos de vida (Manfio, 2003). A grande maioria é sapróbio, participando do processo de decomposição da matéria orgânica (Alexopoulos et al., 1996). Alguns fungos podem viver associados a outros organismos em interações de parasitismo ou mutualismo. Como parasita o fungo obtém nutrientes de tecidos vivos de

organismos nos quais se instalam (vegetais, animais, algas ou fungos), prejudicando-o (Webster & Weber, 2007). Já na interação de mutualismo, o fungo estabelece associações com outros organismos (líquens, micorrizas e endófitos), em que ambos se beneficiam (Alexopoulos et al., 1996). Além desses modos mais comuns de vida, existem alguns grupos de fungos considerados predadores que capturam pequenos animais e deles se alimentam, como é o caso dos fungos nematófagos (Larsen et al., 1997; Mota et al., 2003).

O saprofitismo é a principal função ecológica dos fungos uma vez que são responsáveis por grande parte da degradação da matéria orgânica, propiciando a ciclagem de carbono e nutrientes (Hättenschwiler et al., 2011). No processo da decomposição, a matéria orgânica contida em organismos mortos é devolvida ao ambiente, podendo ser novamente utilizada por outros organismos. As bactérias também participam do processo de decomposição, no entanto os fungos representam os principais agentes decompositores de substratos vegetais, por possuírem um arsenal enzimático com capacidade de degradação de compostos orgânicos complexos como a celulose, hemicelulose, ácidos aromáticos, polifenóis e algumas proteínas (Mason, 1980).

Em ecossistemas florestais, como os fragmentos de Mata Atlântica, os fungos sapróbios são componentes-chave para a manutenção da fertilidade dos solos por meio da decomposição da matéria orgânica acumulada na superfície dos solos, também chamada de serrapilheira (Hättenschwiler et al., 2011). Apesar da grande diversidade de espécies de plantas nesses ecossistemas o solo é pobre em nutrientes, pois, tais fragmentos geralmente se localizam em uma elevada altitude e apresentam alto índice pluviométrico (Santos et al., 2011). Devido ao processo de lixiviação os nutrientes são levados para as camadas mais profundas áreas mais baixas (Tabarelli et al., 2005). Essa aparente fertilidade dos solos é devido ao intenso processo de decomposição, em consequência da presença de grande quantidade de matéria orgânica e elevada umidade, realizados principalmente pelos fungos sapróbios.

3.3 O solo como habitat de fungos sapróbios

O solo é um recurso natural essencial para o funcionamento dos ecossistemas terrestres, apresentando as fases líquida (solução do solo), sólida (minerais e matéria orgânica) e gasosa (ar) (Moreira & Siqueira, 2006). É formado a partir da alteração e evolução de um material inicial (rocha ou mesmo outro solo), diferindo deste por características físicas, químicas, morfológicas, mineralógicas e biológicas (Bueno & Fisher, 2006). Reinet (1993) considera o solo como um corpo vivo, organizado e dinâmico, e responsável pelas várias atividades do ecossistema terrestre, uma vez que permite o desenvolvimento de inúmeros organismos (vegetais, minhocas, insetos, besouros, formigas, fungos, bactérias e outros) que exercem papel muito importante na sua formação, visto que, são fontes de matéria orgânica e atuam também na transformação dos constituintes orgânicos e minerais (Lima & Lima, 2007).

O solo é um grande reservatório de nutrientes e, conseqüentemente, de microrganismos, sendo composto por diversos elementos minerais dentre eles o carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S), importantes para as numerosas reações metabólicas que ocorrem neste habitat (Leite & Araújo, 2007). Em torno de 80-90% das atividades metabólicas que ocorrem no solo, são realizadas por microrganismos (Nannipierri et al., 2003) e se concentram nas primeiras camadas de solo, aproximadamente a uma profundidade de um a 30 cm. Em apenas um grama de solo pode conter aproximadamente 10 bilhões de microrganismos, das mais diferentes espécies (Souto, 2006). Desta forma, é um dos mais importantes habitats para os mais diversos microrganismos incluindo aí os fungos sapróbios, unicelulares e miceliais. São os fungos filamentosos os maiores responsáveis pela decomposição de compostos orgânicos (Hyde, 1997).

Nos solos ricos em matéria orgânica e com teor de umidade considerável se desenvolvem os fungos sapróbios mais conhecidos. Estes têm papel fundamental na manutenção do ecossistema onde vivem, contribuindo como fonte de alimento, na ciclagem de nutrientes, na estabilização e aeração do solo. Considerando a biomassa do solo, são os mais abundantes do que qualquer outro grupo de microrganismos existentes neste habitat, sendo a sua presença e abundância relacionada aos diversos fatores bióticos e abióticos, como umidade, temperatura, pH, aeração, diversidade de substrato, dentre outros (Araújo & Monteiro, 2006).

A variação da população fúngica do solo é de 10^4 e 10^6 organismos por grama de solo, sendo predominantes em solos mais ácidos, onde ocorre menor competição, sendo assim, o pH varia conforme a espécie de fungo presente (Brandão, 1992). Dentre os fungos presentes no solo destacam-se os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (Silva Filho et al., 2002). O gênero *Penicillium* se desenvolve nos mais diversos substratos, são sapróbios oportunistas e importantes na indústria por sua produção de metabólitos secundários e enzimas, como pectinases (Cardoso, 2007). O gênero *Aspergillus* é encontrado frequentemente em áreas quentes, cultivadas e florestas tropicais (Klinch, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de coleta

As coletas foram realizadas no Arboreto Jayme Coelho de Moraes (6°58'15''S e 35°42'54''O), área de Mata Atlântica pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), situado no município de Areia, Paraíba (Figura 1).

O Arboreto apresenta uma vegetação ombrófila aberta, caracterizado por possuir palmeiras, cipós, bambús e sororocas (Figura 2), e apresenta gradientes climáticos, passando por mais de 60 dias de seca por ano (IBGE, 2012). De acordo com a classificação de Köppen é "As", o clima é quente úmido com chuvas nas estações outono e inverno (Silva et al., 2016). O índice pluviométrico e a temperatura média anual são de 1.300 mm e 21 °C, respectivamente (Silva et al., 2016). Dados meteorológicos referentes aos meses de outubro de 2017 a abril de 2018 foram obtidos na Estação Meteorológica do CCA, situado no próprio campus (Figura 3). O solo é caracterizado por ser argissolo vermelho amarelo, (Embrapa, 2018). Em anos anteriores, no fim da década de 30, a região sofreu impactos por consequência de atividades antrópicas, onde era realizada a monocultura de cana-de-açúcar (Rodrigues, 2017).

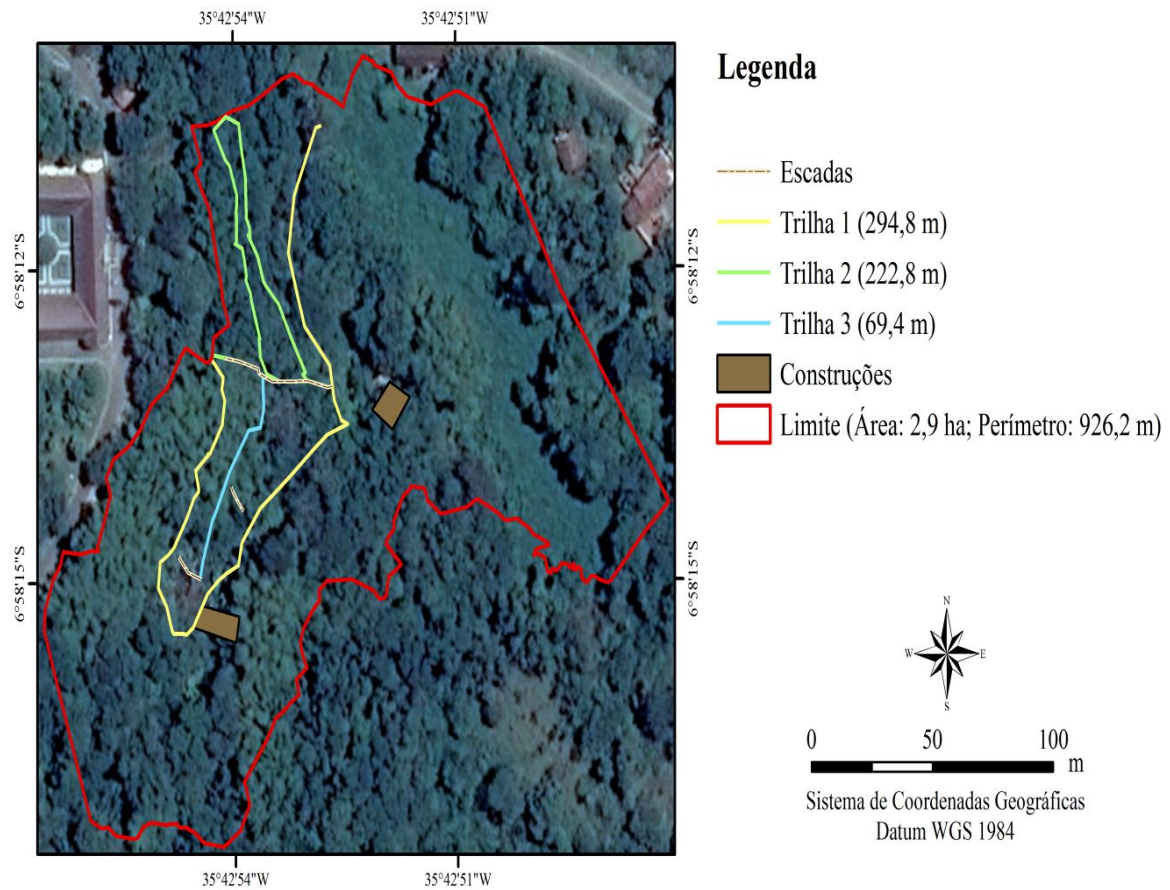


Figura 1. Localização do Arboreto Jayme Coelho de Moraes no Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB), Areia, Paraíba. Fonte: Rodrigues (2017).



Figura 2. Vista parcial interna do Arboreto Jayme Coelho de Moraes, no Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB), Areia, Paraíba.

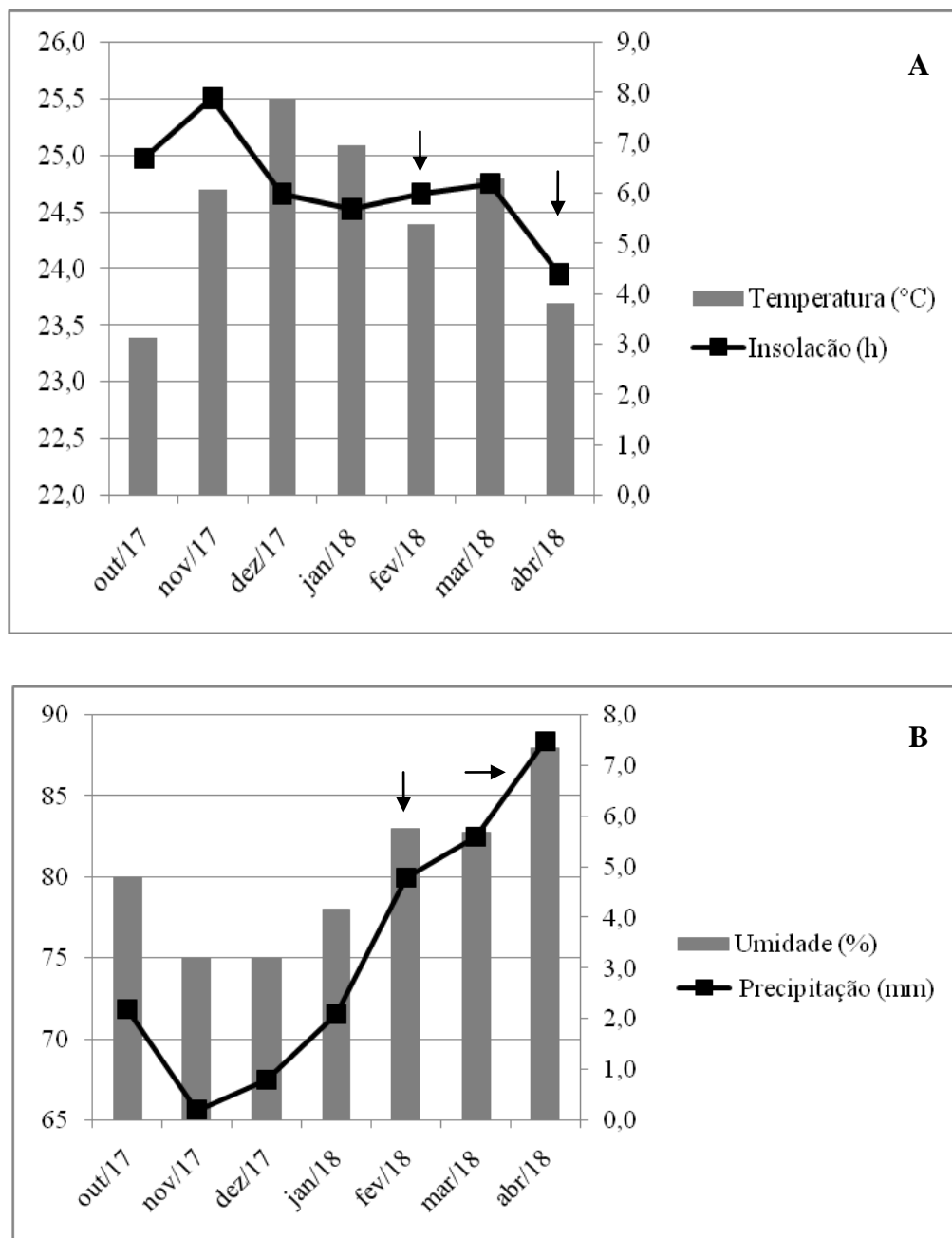


Figura 3. Dados de temperatura e insolação (A) e de umidade e precipitação (B) de outubro de 2017 a abril de 2018 no Arboreto Jayme Coelho de Moraes, Areia, Paraíba. As setas indicam os meses que ocorreram as coletas.

4.2 Amostragem e coleta do solo

Foram realizadas duas expedições de coleta durante o corrente ano, 2018, nos meses de fevereiro (coleta 1) e abril (coleta 2). Em cada expedição foram amostrados casualmente cinco diferentes pontos, tendo como critério a presença de uma variedade de substratos vegetais na serrapilheira. Em cada um dos pontos, amostras de solos foram obtidas abaixo da superfície, aproximadamente dez centímetros de profundidade, com o auxílio de uma espátula, e transferidas para o mesmo recipiente para serem misturadas e assim obter amostra mista. Após esse procedimento, as amostras **compostas** foram levadas para o Laboratório de Microbiologia do CCA/UFPB para serem posteriormente processadas **logo após a coleta**.

4.3 Isolamento dos fungos do solo

Para realizar o isolamento dos fungos foi utilizada a técnica de diluição seriada com inoculação em placa de Petri (Tortora et al., 2012).

Um grama de solo foi pesado, em seguida foi adicionado 20 mL de água destilada estéril e homogeneizado com o auxílio de um bastão de vidro (Figuras 4A e 4B). Para realizar a diluição seriada, 1 mL da solução de solo foi transferido com o auxílio de uma pipeta graduada estéril para um tubo de ensaio contendo 9 mL de água destilada estéril, diluição 10^{-1} (Figura 4C). Após homogeneizado a solução, 1 mL desta diluição foi transferido para o próximo tubo e assim finalizando a diluição 10^{-2} . Estes procedimentos foram repetidos até a diluição 10^{-4} (Figura 4D). A partir da diluição 10^{-3} alíquotas de 0,1 mL de solução foram transferidas, com o auxílio de uma pipeta automática, para placas de Petri contendo meio de cultura ágar batata dextrose (BDA) (Figuras 4E e 4F). As alíquotas foram homogeneizadas na superfície do meio até completa absorção com o auxílio da alça de Drigalski (Figura 4G). Foram realizadas replicatas de cinco placas de Petri por diluição, assim um total de 10 placas foi utilizada para o isolamento dos fungos do solo (Figura 4H).

Todos os procedimentos foram realizados no interior da capela de repique com a chama acesa. Após a inoculação as placas foram identificadas e colocadas na estufa incubadora em temperatura de 28°C. A partir do terceiro dia de incubação as placas com a suspensão do solo foram observadas continuamente com o auxílio do microscópio estereoscópio para verificar o crescimento micelial. As colônias de fungos que se

desenvolveram foram transferidas para placas de Petri contendo meio BDA utilizando agulhas de insulina. O acompanhamento do crescimento dos fungos isolados foi contínuo a fim de garantir a pureza dos mesmos. Em algumas culturas isoladas ocorreram contaminações, sendo assim realizados novos repiques em meio BDA.



Figura 4. Etapas do isolamento de fungos pelo método de diluição seriada e inoculação em placa de Petri segundo Tortora et al. (2012).

As colônias de fungos foram quantificadas e caracterizadas morfológicamente com base nos aspectos microscópicos das estruturas reprodutivas (conidióforo, célula conidiogênica e conídio) e macroscópicos do micélio (taxa de crescimento, coloração e margem da colônia).

4.4 Análise dos dados

A partir da quantificação dos fungos cultiváveis uma planilha foi construída com dados de abundância (número de isolados) e de riqueza obtidos em cada coleta. A diversidade das comunidades de fungos foi calculada por meio do índice de diversidade de Shannon (H') (Magurran, 1988). O índice de Shannon considera igual peso entre as espécies raras (menos frequentes) e abundantes (Magurran, 1988). Curvas de rarefação foram construídas para verificar as diferenças na riqueza de espécies entre as duas coletas (Magurran, 1988). As

análises foram realizadas no Biodiversity Pro 2 (Mc Aleece, 1997), PAST v. 3.20 (Hammer et al., 2018).

5 RESULTADOS

Um total de 1.297 isolados de fungos foi quantificado, dos quais 522 isolados foram obtidos na coleta 1 e 775 isolados na coleta 2. Com relação a riqueza de espécies, 11 táxons foram caracterizados, com variação de 6 a 10 táxons obtidos nas coletas 1 e 2, respectivamente. O índice de diversidade de Shannon (H') alcançou valores de 0,306 na coleta 1 a 0,659 na coleta 2. Em uma comparação dos intervalos de confiança entre as diferentes coletas indicou que a diferença observada é estatisticamente significativa, uma vez que não houve sobreposição entre os valores (Tabela 1).

Tabela 1. Riqueza, número de isolados e índices de diversidade das comunidades de fungos dos solos das coletas 1 e 2 de um fragmento de Mata Atlântica, Areia, Paraíba

Coletas	Riqueza	Nº de Isolados	Índice de Shannon (H')
Coleta 1	6	522	0,306 (0,247-0,395)
Coleta 2	10	775	0,659 (0,59-0,74)
Total	11	1297	1,09 (1,059-1,143)

As curvas de rarefação não apresentaram uma estabilidade, entretanto, a curva da coleta 1 apresentou maior inclinação. Considerando a amostra de menor tamanho (522 isolados), referente a coleta 1, para realizar uma reamostragem aleatória, a riqueza esperada apresentada para as curvas foram 6 e 8,5, para a coleta 1 e 2, respectivamente (Figura5).

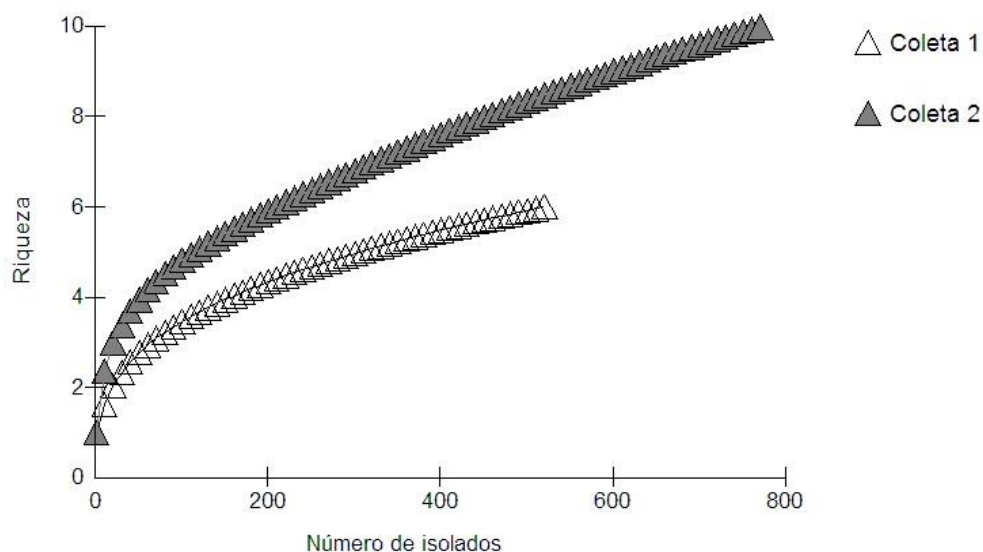


Figura 5. Curvas de rarefação das comunidades de fungos isolados do solo durante a coleta 1 e coleta 2 de um fragmento de Mata Atlântica, Areia, Paraíba.

Dos 11 táxons obtidos nove foram fungos assexuais, todos hifomicetos, um zigomiceto (*Rhizopus* sp.) e um isolado não esporulou em meio de cultura, sendo caracterizado como micélio branco. Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* foram os mais representativos, dos quais cinco diferentes espécies de *Aspergillus* foram caracterizadas (espécie 1 a 5) e duas espécies de *Penicillium* (espécie 1 e 2). Na coleta 1, o gênero *Penicillium* sobressaiu enquanto que na coleta 2 o gênero *Aspergillus* teve uma maior incidência. Os táxons *Fusarium*, micélio branco, *Paecilomyces* e *Rhizopus* foram menos freqüentes. Considerando os táxons exclusivos, aqueles que apareceram exclusivamente em uma coleta, na coleta 1 ocorreu apenas um (*Fusarium* sp.) e na coleta 2 o total de cinco táxons (*Aspergillus* sp.3, *Aspergillus* sp.4, *Aspergillus* sp.5, micélio branco e *Rhizopus* sp.) (Tabela 2). A figura 5 apresenta a visão macroscópica de algumas colônias de fungos que foram caracterizadas no presente trabalho.

Tabela 2. Táxons e número de fungos isolados do solo durante a coleta 1 e coleta 2 de um fragmento de Mata Atlântica, Areia, Paraíba

Táxons	Coleta 1	Coleta 2	Total
<i>Aspergillus</i> sp.1	6	88	94
<i>Aspergillus</i> sp.2	2	638	640
<i>Aspergillus</i> sp.3	0	1	1
<i>Aspergillus</i> sp.4	0	2	2
<i>Aspergillus</i> sp.5	0	1	1
<i>Fusarium</i> sp.	1	0	1
micélio branco	0	1	1
<i>Peacelomyces</i> sp.	1	2	3
<i>Penicillium</i> sp.1	487	12	499
<i>Penicillium</i> sp.2	25	29	54
<i>Rhizopus</i> sp.	0	1	1
Total	522	775	1.297

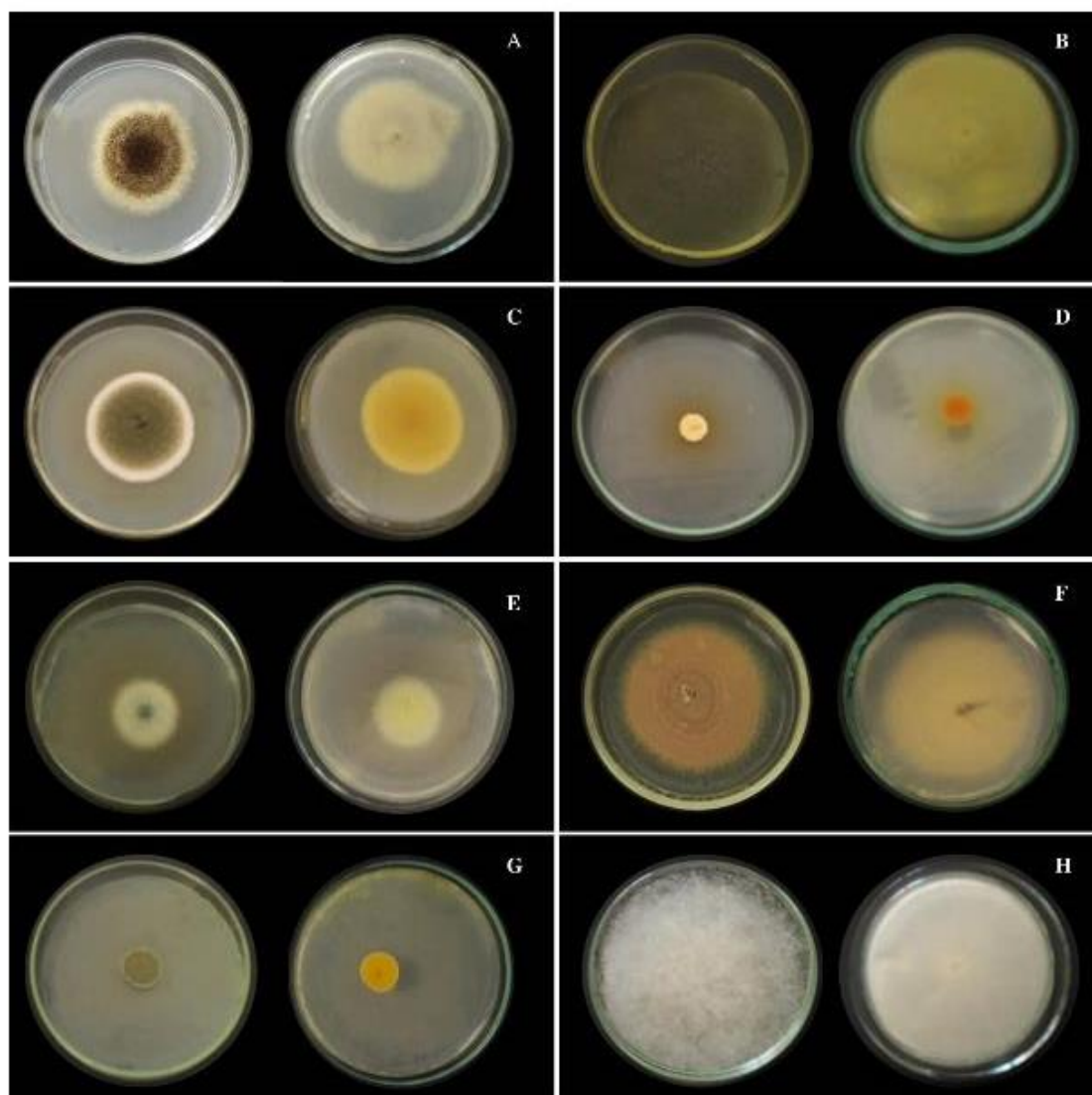


Figura 6. Aspecto geral das colônias dos fungos isolados do solo de um fragmento de Mata Atlântica, em placas de Petri, frente e reverso. (A) *Aspergillus* sp.1, (B) *Aspergillus* sp.2, (C) *Aspergillus* sp.3, (D) *Aspergillus* sp.4, (E) *Aspergillus* sp.5, (F) *Paecilomyces* sp., (G) *Penicillium* sp.1 e (H) *Rhizopus* sp.

6 DISCUSSÃO

Utilizando o método da diluição seriada para o isolamento de fungos do solo foi possível quantificar um grande número de indivíduos de fungos (1.297) distribuídos em 11 táxons. Esta técnica é comumente utilizada em diversos estudos, por ser um método simples

e rápido, e baseia-se na diluição do solo em série, de forma que a solução aquosa do solo torna-se cada vez mais diluída e, então, alíquotas sejam transferidas para meios de cultura juntamente com os propágulos fúngicos presentes na solução (Bills et al., 2007). Os autores ainda consideram que este método é capaz de obter resultados razoavelmente repetitivos e de produzir bons dados comparativos.

O número total de espécies de fungos habitantes do solo ainda é desconhecido, embora existam vários trabalhos fragmentados sobre o assunto (Bills et al., 2007; Carvalho, 2008; Domsch et al. 2007; Souza, 2010). Um fator que tem grande influência no número de espécies obtido em estudos de diversidade é o esforço de coleta, em que maior número de espécies é obtido com a realização de mais coletas (Cannon & Sutton, 2007). Considerando áreas de Mata Atlântica, Maia et al. (2006) registraram 42 táxons de fungos filamentosos associados aos solos ao norte do Rio São Francisco; Tauk-Tornisielo et al. (2005) relataram 112 fungos filamentosos em solos de São Paulo; e Souza (2010) caracterizou 142 fungos associados a três diferentes ecossistemas do bioma Mata Atlântica, no estado de São Paulo. Estima-se que em torno de 7.000 espécies podem ser consideradas como fungos do solo (Bridge & Spooner, 2001).

O solo é um meio altamente complexo, um ecossistema com múltiplos fatores bióticos e abióticos oferecendo um ambiente propício ao desenvolvimento microbiano (Moreira & Siqueira, 2006). É o hábitat mais rico em espécies de fungos cuja principal função destes organismos é a degradação de matéria orgânica. Pelo menos quatro grupos funcionais distintos de fungos estão presentes nos solos: celulolíticos, hemicelulolíticos, pectinolíticos e ligninolíticos (Tauk, 1990). Outros grupos de fungos do solo pertencentes ao filo Glomeromycota estabelecem simbiose mutualística com raízes da maioria das espécies de plantas (Moreira & Siqueira, 2006). O solo também abriga fungos fitopatogênicos que causam sérias doenças em plantas de interesse econômico podendo até ocasionar, dependendo do patógeno, a morte do hospedeiro (Bueno & Fisher, 2006). Além da importância ecológica e econômica os fungos dos solos apresentam grande potencial biotecnológico com utilização em diversas áreas do conhecimento dentre elas, no controle biológico e produção de fármacos (Bills et al., 2007).

Um dos fatores que influencia a ocorrência e distribuição dos fungos do solo são a disponibilidade e composição da matéria orgânica. Tais fatores influenciam tanto nas características físicas quanto químicas do solo favorecendo, conseqüentemente, para uma

distribuição heterogênea das espécies fúngicas nos seus diferentes perfis. Em áreas de elevada precipitação os fungos são mais abundantes em camadas mais superficiais do que em outras camadas (Bills et al., 2007). Os autores recomendam que as amostras sejam coletadas na camada mais superficial como no horizonte A1 ou seu equivalente. Fatores como a agregação e tamanho das partículas do solo também podem influenciar a diversidade desses organismos (Kang & Mills, 2006).

A coleta 1 apresentou menor número de isolados (522), menor riqueza (6) e menores valores dos índices de diversidade (Shannon=0,306; Simpson=0,127) quando comparado a coleta 2 (775 isolados; 10 táxons; Shannon=0,659; Simpson=0,307). Os menores valores obtidos durante a coleta 1, muito provavelmente, estão relacionados com os fatores ambientais, os quais tem influência direta na comunidade de fungos (Cannon & Sutton, 2007; Paulus et al., 2006). Maiores temperaturas e horas de insolação ocorreram em fevereiro, mês da coleta 1, assim como menores valores de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica (Figura 3). Segundo Cannon & Sutton (2007), tais fatores abióticos (temperatura, umidade, precipitação e insolação) são importantes para a diversidade de fungos presentes em ambientes naturais.

A precipitação é um fator que tem efeito direto na abundância e riqueza dos fungos uma vez que é fundamental para a proliferação e dispersão de indivíduos além de acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica (Cannon & Sutton, 2007). Em condições de alta umidade e precipitação os substratos vegetais presentes no solo são mais densamente colonizados pelos fungos favorecendo para uma maior taxa no processo de decomposição e maior diversidade de espécies associadas ao substrato (Paulus et al., 2006). A precipitação influencia a umidade nos ecossistemas florestais, enquanto que a luminosidade favorece a evaporação de água do solo e de outros substratos que servem como microhabitat para os fungos (Lazarotto et al., 2014). Os efeitos da insolação sobre os fungos do solo não é conhecido, entretanto a intensa luminosidade pode afetar significativamente o crescimento e a esporulação dos fungos (Bills et al., 2007).

O índice de diversidade de Shannon apresentou baixos valores em ambas as coletas indicando que a diversidade nas comunidades de fungos foi baixa. No entanto, para a coleta 2 o valor do índice foi superior quando comparado com a coleta 1. Esse índice leva em consideração a riqueza e a equitabilidade, ou seja, quanto mais distribuídos estiverem os indivíduos nas espécies maior valor será obtido para o índice de Shannon (Magurran, 1988).

Prade e Matsumura (2014) também encontraram baixos valores dos índices de Shannon, variando de 0,120 a 0,92, em solos de uma floresta ripária no Rio Grande do Sul. Considerando solos de Mata Atlântica no estado de São Paulo os índices alcançaram valores de 2,34 a 3,35 (Souza, 2010). Neste trabalho o autor avaliou 90 amostras de solos de três diferentes ecossistemas da Mata Atlântica (Floresta Atlântica de Encosta, Cerradão e Floresta de Restinga).

As curvas de rarefação não alcançaram uma estabilidade devido à maior parte das comunidades serem compostas por táxons com pouca abundância. É possível observar que para a amostra da coleta 1 houve maior inclinação da curva, entretanto o esforço amostral ainda não foi satisfatório. Isto indica que mais expedições de coleta incrementariam novos táxons para ambas as comunidades. Levando em consideração os dados obtidos no presente trabalho a coleta 2 tende a apresentar maior número de isolados e maior riqueza, uma vez que apresentou maiores níveis de precipitação e umidade (Figura 3). Costa e Gusmão (2017) investigando fungos associados a folhas da serrapilheira encontraram o mesmo padrão de maior número de isolados e riqueza em comunidades isoladas em período com maior precipitação.

Dos táxons isolados houve predomínio de fungos ascomicetos assexuais, que geralmente são cosmopolitas, e são relatados em outros biomas além da Mata Atlântica (Souza, 2010), como o Cerrado (Carvalho, 2008; Oliveira, 2009) e a Caatinga (Maia & Gibertoni, 2002). Tais fungos têm um bom desenvolvimento micelial e intensa esporulação e estes aspectos podem estar relacionados à diversidade de fatores abióticos no solo devido à sua dinâmica e complexidade (Lodge, 1997). Outro fator, não menos importante e que pode ter grande influência na composição de espécies da comunidade é a limitação da técnica de isolamento utilizada, visto que nem todos os fungos crescem em meio de cultura e a ocorrência de alguns fungos pode ser favorecida pelas condições nutricionais (Cannon & Sutton, 2007). Alguns fungos em condições artificiais não desenvolvem as suas estruturas reprodutivas, impossibilitando a sua identificação. Nesses casos, os isolados estéreis são agrupados em morfotipos baseados em características macro e microscópicas (Abreu et al., 2010). No presente trabalho foi isolado um indivíduo de micélio estéril caracterizado como micélio branco.

Alguns gêneros de fungos apresentam espécies representativas na maioria dos tipos de solo, como os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. Ambos os gêneros estão presentes

abundantemente tanto em regiões de clima temperado e tropical, quanto em ambientes secos e úmidos (Bills et al., 2007). *Aspergillus* e *Penicillium* são ascomicetos assexuais com alta taxa de esporulação e grande diversidade de espécies. Seus esporos são secos, facilmente dispersos pelo vento, e em muitas espécies são pigmentados além de apresentar estruturas de resistência como os esclerócios. Esporos melanizados e estruturas do tipo esclerócios são considerados adaptações a dessecação (Bills et al., 2007).

Espécies de *Aspergillus* são frequentemente isoladas em florestas tropicais, em solos cultivados e ambientes quentes, podendo representar até 20% do total de espécies isoladas (Bills et al., 2007). Em biomas como a Caatinga são geralmente dominantes em número de isolados e de espécies (Silvério, 2007). O gênero *Penicillium* são sapróbios e tem capacidade de se desenvolver em diversos substratos (Cardoso, 2007). É bastante estudado por possuir metabólitos secundários, além de produzir substâncias de interesse econômico como enzimas, ácidos orgânicos, dentre outros (Petiti et al., 2009).

Os solos tropicais também abrigam muitos fungos raros ou menos representativos que podem estar associados com a decomposição da serrapilheira e ocasionalmente podem ser isolados dos solos (Bills et al., 2007). Considerando as espécies menos frequentes isoladas no presente trabalho têm-se os táxons *Fusarium*, *Paecilomyces* e *Rhizopus*. Os três gêneros, no entanto, são comumente encontrados em solos (Carvalho, 2008; Oliveira, 2009; Souza, 2010). A baixa frequência obtida aqui pode estar relacionada com as limitações da metodologia de isolamento.

O gênero *Fusarium* pode ter espécies patogênicas ou não, pertencem a solos cultivados ou naturais e podem viver nesses ambientes por muito tempo de forma saprofítica (Edel et al., 1997). Esse gênero é responsável por causar doenças em espécies frutíferas (Matos et al., 2012). *Paecilomyces*, fungo considerado saprófita, possuem espécies entomopatogênicas de himenópteros (Loureiro et al., 2005), coleópteros, homópteros, ortópteros e lepidópteros (Alves, 1998). *Rhizopus* é considerado um fungo saprófita (Auer & Grigoletti Júnior, 2002). Esse gênero é bastante utilizado para uso alimentar (Rhandir et al., 2004) e apresenta capacidade de fermentação de grãos de soja e outros cereais (Miyaoka, 2012).

Com os resultados do presente estudo foi possível observar que os solos do Arboreto Jayme Coelho de Moraes, como área de Mata Atlântica inserido na Caatinga, abriga uma

comunidade de fungos diversa sendo composta primariamente por fungos assexuais, com muitos isolados dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. Com o aumento do número de amostras de solos, muito provavelmente mais táxons seriam incrementados a comunidade. Embora o solo seja o hábitat que possivelmente abriga um maior número de fungos pouco é conhecido sobre este grupo de organismos. Portanto, mais estudos devem ser conduzidos, principalmente em regiões tropicais, para aumentar o conhecimento da diversidade de fungos que ainda é bastante fragmentado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comunidade de fungos do solo do Arboreto Jayme Coelho Moraes é diversa, como tem sido registrado em outras áreas de Mata Atlântica. Através do método de diluição seriada, foi possível quantificar um grande número de isolados de fungos. Para obter um número maior de táxons seria necessário a realização de mais expedições de coleta.

A comunidade, em sua maioria, foi composta por fungos ascomicetos assexuais sendo os gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*. os mais representativos. Dados climáticos como temperatura, umidade, precipitação e insolação, têm influência sobre a composição e distribuição dos táxons na comunidade de fungos, com o período de coleta apresentando maior precipitação e umidade e menor temperatura e insolação se obteve maior diversidade de fungos do solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L.M. de; ALMEIDA, A.R.; SALGADO, M.; PFENNING, L.H. 2010. Fungal endophytes associated with the mistletoe *Phoradendron perrottettii* and its host tree *Tapirira guianensis*. *Mycological Progress*, 9:559-566.
- ALEXOPOULUS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4 ed. New York: John Wiley, Sons Inc. 869 p.
- ALVES, S. B. 1998. *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba: FEALQ.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. 2006 Microbial biomass and activity in a Brazilian soil amended with untreated and composted textile sludge. *Chemosphere*. Oxford, v.64, n. 6, p.1043-1046.
- AUER, C. G.; GRIGOLETTI, J. A. 2002. Associação de fungos com *Ilex* spp. *Bol. Pesq. Fl.*, n. 45, p. 109-124.
- BARBOSA, M.R.V.; AGRA, M.F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CUNHA, J.P.; ANDRADE, L. A. 2004. Diversidade florística na Mata do Pau Ferro, Areia, Paraíba. In: PÔRTO, K.C.; CABRAL, J.J.P.; TABARELLI, M. (eds.) *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Série Biodiversidade 9. p.: 111-121.
- BILLS, F.G.; CHRISTENSEN, M.; POWELL, M.; THORN, G. 2007. Saprobic Soil Fungi. In: FOSTER, M.S.; BILLS, G.F.; MUELLER, G.M. (eds.). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. San Diego: Elsevier Academic Press. p.:271-294.
- BRANDÃO, E.M, 1992. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: Cardoso, E.J.B.N., *Microbiologia do solo*. Campinas, Soc. Brasileira de Ciência do Solo. p.1-16.
- BRIDGE, P.; SPOONER, B. 2001. Soil fungi: diversity and detection. *Plant and soil*, v. 232, p. 147–154.
- BUENO, C.J.; FISCHER, I.H. 2006. Manejo de fungos fitopatogênicos habitantes do solo. *Pesquisa & Tecnologia*. São Paulo, p. 1-9. Dez.
- CANNON, P.F.; SUTTON, B.C. 2004. Microfungi on wood and plant debris. In: FOSTER, M.S.; BILLS, G.F.; MUELLER, G.M. (eds.). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. San Diego: Elsevier Academic Press. p.:217-239.
- CARDOSO, P. G. 2007. Diferenciação morfológica e molecular de fungos produtores de pectinases *Penicillium expansum* e *Penicillium griseoroseum*. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 38, n. 1, p. 71-77.

CARVALHO, V. G. 2008. Comunidade de fungos em solo do cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo de soja e algodão. 2008. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CAVALCANTE, A. 2005. Jardins suspensos no Sertão. Scientific American Brasil. Edição 32.

COSTA, L. A. 2014. Comunidades de fungos em folheto da Mata Atlântica na região semiárida do Brasil. 2014. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Botânica, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – BA.

COSTA, L. A.; GUSMÃO, L.F.P. 2017. Communities of saprobic fungi on leaf litter of *Vismia guianensis* in remnants of the Brazilian Atlantic Forest. J. For. Res. 28(1):163–172.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W; ANDERSON, T.H. 2007. Compendium of soil fungi. San Francisco, Editora IHW- Verlag.

EDEL, V. et al. 1997. Populations of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* associated with roots of four plant species compared to soil borne populations. Phytopathology, v. 87, n. 7, p. 693-697.

EMBRAPA SOLOS, 2018. Argissolos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/solos-do-brasil>. Acesso em: 20 de Abril de 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2001. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo.

GALINDO-LEAL, C. 2003. Putting the pieces back together: fragmentation and landscape conservation. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. pp. 372- 380. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington. D.C.

GALLI, F. 1964. Microorganismo do solo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Anais da E.S.A. Vol. XXI. pg. 248-252.

GIULIETTI, A.M.; QUEIROZ, L.P.de. 2006. O Instituto do Milênio do Semi-árido (IMSEAR), Brasil (2002-2006). In: GUSMÃO, L.F.P. & MAIA, L.C. (eds.) Diversidade e caracterização dos fungos do semi-árido brasileiro. Recife: Associação Plantas do Nordeste. p.: 5-10.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2013. Paleontological statistics. Versão 3. Disponível em: <<http://www.folk.uio.no/ohammer/past>>.

HÄTTENSCHWILLER, S.; FROMIN N, BARANTAL S. 2011. Functional diversity of terrestrial microbial decomposers and their substrates. C. R. Biologies, 334:393-402.

HAWKSWORTH, D. L.; LÜCKING, R. 2017. Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 million species. Microbiology Spectrum: American Society for Microbiology Press. Berlin. jul.

HAWKSWORTH, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycological Research, 95: 641-655.

HIBBETT, D.S.; BINDER, M.; BISCHOFF, J.F.; BLACKWELL, M.; CANNON, P.F.; ERIKSSON, O.E.; HUHNDOERF, S.; JAMES, T.; KIRK, P.M.; LÜCKING, R.; LUMBSCH, T.H.; LUTZONI, F.; MATHENY, P. B.; MCLAUGHLIN, D. J.; POWELL, M.J.; REDHEAD, S.; SCHOCH, C.L.; SPATAFORA, J.W.; STALPERS, J.A.; VILGALYS, R.; AIME, M.C.; APTROOT, A.; BAUER, R.; BEGEROW, D.; BENNY, G.L.; CASTLEBURY, L.A.; CROUS, P.W.; DAIR, Y.C.; GAMS, H.; GEISER, D.M.; GRIFFITH, G.W.; GUEIDAN, C.; HAWKSWORTH, D.L.; HESTMARK, G.; HOSAKA, K.; HUMBER, R.A.; HYDE, K.D.; IRONSIDE, J.E.; KÖLJALG, U.; KURTZMAN, C.P.; LARSSON, K.H.; LICHTWARDT, R.; LONGCORE, J.; MIĄDLIKOWSKA, J.; MILLER, A.; MONCALVO, J.M.; MOZLEY-STANDRIDGE, S.; OBERWINKLER, F.; PARMASTO, E.; REEB, V. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the fungi. Mycological Research, 111:509-547.

HYDE, K.D. 1997. Biodiversity of Tropical Microfungi. Hong Kong University Press, Hong Kong.

IBGE. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas Procedimentos para mapeamentos. 3. ed. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2018. Bioma Mata Atlântica. Disponível em :<https://www.ibflorestas.org.br> . Acesso em: 14 de Maio de 2018.

KANG, S.; MILLIS, A.L. 2006. The effect of sample size in studies of soil microbial community structure. Journal of Microbiological Methods, v. 66, p. 242-250

KIRK, P.M.; CANNON, P.F.; MINTER, D.W.; STALPERS, J.A. 2008. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the fungi. 10 ed. Wallingford: CABI. 2008.

KLICH, M.A. .2002 Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. Mycologia, 2002 : p. 21-27.

LARSEN, M.; NANSEN, P.; GRONVOLD, J; WOLSTRUP, J; HENRIKSEN, S.A. Biological control of gastro-intestinal nematodes – facts, future, or fiction? Veterinary Parasitology, v. 72, p.470-492, 1997.

LAZAROTTO, D.C. et al. 2014. Comunidade de fungos Agaricomycetes em diferentes sistemas florestais no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Floresta Estacional Decídua e monocultura de eucalipto. Hoehnea. Rio Grande do Sul, p. 269-275.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A.S. F. 2007. Ecologia Microbiana do Solo. In: SOUSA, Valderlcio Ferreira de. Microbiologia do solo. Teresina - Pi: Embrapa. p. 9-23.

LIMA, V.C.; LIMA, M. R. 2007. Formação do solo. In: LIMA, Valmiqui Costa; LIMA, Marcelo Ricardo; MELO, Vander de Freitas. O Solo no meio ambiente: Abordagem para Professores do Ensino Fundamental e Médio e Alunos do Ensino Médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Cap. 1. p. 1-10.

LODGE, D.J, 1997. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, v. 6, 681-688.

LOUREIRO, E. S.; MONTEIRO, A. C. 2005. Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Árvore*, v. 29, n. 4, p. 553-561.

MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press. p. 179.

MAIA, L. C.; CAVALCANTI, M. A. Q.; GILBERTONI, T. B.; GOTO, B. T.; MELO, A. M. M.; BASEIA, I. G.; SILVÉRIO, M. L. Fungos. In: PORTO, K. C.; ALMEIDACORTEZ, J. S.; TABARELLI, M. 2006. (eds.). Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco. 1º 40g. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Pp. 75-106.

MAIA, L. C.; GILBERTONI, T. B. 2002. Fungos registrados no semi-árido nordestino. In: SAMPAIO, E. V.B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGINIO, J.; GAMARRA-ROJA, C., F., L. (eds.). Vegetação e flora da Caatinga. Associação de Plantas do Nordeste – APNE, Centro Nordeste de Informações sobre plantas – CNIP, Recife, Pp. 163-176.

MANFIO, G. P. 2003. Microbiota. In: Ministério Do Meio Ambiente. Avaliação do Estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil. Campinas: [s.n].. Cap. 2. p. 112-142.

MASON, C.F. 1980. Decomposição. Ed. Universidade de São Paulo. Ed. Pedagógica

MATOS, A. P.et al. 2012. Fusariose em Frutífera. XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Bento Gonçalves, RS.

MCALLEE, N. 1997. Biodiversity Profesional Beta I. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science, London.

MITTERMEIER, R.; GIL, P.R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.D.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. 2005. Hotspots Revisited: Earth's 7 biologically richest and most endangered ecoregions. Mexico City: CEMEX & Agrupacion Sierra Madre, 640 pp.

MITTERMEIER, R.A. et al. 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington: Cemex. 392 p.

MIYAOKA, M. F. 2012. Avaliação do potencial dos fungos do gênero *rhizopus* spp na produção de substâncias bioativas com ação antioxidante utilizando diferentes substratos. 2012. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. 2006. *Micrabiologia e bioquímica do solo*. Lavras: EDUFLA. 729 p.
- MOTA, M.A.; CAMPOS A.K.; ARAÚJO J.V. 2003 Controle biológico de helmintos parasitos de animais: estágio atual e perspectivas futuras. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 23: 93-100.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853-858..
- NANNIPIERRI, P. et al. 2003 Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 54, n. 4, p. 655-670.
- OLIVEIRA, L.G. 2009. Diversidade e potencial enzimático de fungos filamentosos isolados do solo, semiárido, Pernambuco, Brasil. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco,.
- PAULUS, B.C.; KANOWSKI, J.; GADEK, P.A.; HYDE, K.D. 2006. Diversity and distribution of saprobic microfungi in leaf litter of an Australian tropical rainforest. *Mycological Research*, 110: 1441-1454.
- PETIT, P. et al. 2009. Novel antimicrobial secondary metabolites from a *Penicillium* sp. isolated from brazilian Cerrado soil. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 12, n. 4, p. 1-9.
- PRADE, C. A.; MATSUMURA, A. T.; OTT, A. P.; PORTO, M. A. Diversidade de fungos do solo em sistemas agroflorestais de citrus com diferentes tipos de manejo no município de roca sales, rio grande do sul, Brasil. *Biociências*, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 73-81.
- PROJETO MATA ATLÂNTICA, 2014. Mata Atlântica na Paraíba. Disponível em: http://matatlanticapb.blogspot.com.br/p/blog-page_5236.html. Acesso em: 06 de Abril de 2018.
- RANDHIR, R.; SHETTY, K. 2007. Mung beans by solid-state bioconversion improves phenolic content and functionality relevant for diabetes and ulcer management. *Inovative Food Science Emerging Technologies*, p.197-204.
- REINERT, D. J. 1993. Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramíneas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Campinas, 65p.
- RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. 2009. The brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142:1141-1153.
- RODRIGUES, E. F. 2017. Levantamento florístico como ferramenta para a criação de um jardim botânico. 56 f. Monografia - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- ROSSMAN, A.Y. 1997. Biodiversity of tropical microfungi: an overview. Pp.1-10. In: K. D. Hyde (Ed.). *Biodiversity of Tropical Microfungi*. University Press, Hong Kong.

- SANTOS, B. C.; RANGEL, L. A.; JÚNIOR, E. C. 2011. Estoque de Matéria Orgânica na Superfície do Solo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica na APA de Petrópolis-RJ. *Floresta e Ambiente*, 18(3):266-274.
- SILVA, A. F.; FILHO, H. F. L. 1982. Composição florística e estrutura de um trecho da mata atlântica de encosta no município de Ubataba (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Botânica*, 5: 43-52.
- SILVA, M.C.; SILVINO, G.S & SILVA, M.C., 2016. Da abundancia hídrica a escassez de água residencial: as particularidades hidroterritoriais no Brejo de Altitude do município de Areia, Paraíba, Brasil. *Rev. Desenvolvimento Social*. 21-37
- SILVÉRIO, M. L. 2007. Fungos filamentosos isolados da rizosfera de plantas nativas da caatinga e de cultivos de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) sadias e infestadas por nematóides. 2007. 47 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SOS MATA ATLÂNTICA, 2014. Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br>. Acesso em: 09 de Maio de 2018.
- SOUTO, P. 2006. Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil. Areia, 161 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba.
- SOUZA, C. N. 2010. Diversidade de fungos do solo da Mata Atlântica. 67 f. Tese (Doutorado) - Curso de Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- TABARELLI, M.; AGUIAR, A.V.; RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; PERES, C.A. 2010. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, 143:2328-2340.
- TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M. & BEDÊ, I.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. In *Megadiversidade*. (J. M. C. da Silva, ed.). Conservação Internacional- Brasil, p.132-138.
- TABARELLI, M.; SANTOS, A.M.M. 2004. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In: PORTO, K.C.; CABRAL, J.J.P.; TABARELLI, M. (eds.). *Brejos de altitudes em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.: 17-24.
- TAUK, 1990. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. *Revista Brasileira de Geociências*. 20(1-4):299-301.
- TAUK-TORNISIELO, S. M.; GARLIPP, A.; RUEGGER, M.; ATTILI, D. S.; MALAGUTTI, E. 2005. Soilborne filamentous fungi in Brazil. *Journal of Basic Microbiology*, v. 45, p. 72-82.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, CL, 2012. Microbiologia. 10. ed., Porto Alegre: Artmed.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, CL, 2017. Microbiologia. 12. ed., Porto Alegre: Artmed.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. 2004. Microbiologia; Microbiology. Atheneu.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. 1971. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. Recife: Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco.

WEBSTER, J.; WEBER, R. W. S. 2007. Introduction to fungi. Cambridge: University Press. ThirdEdition.